

BEST AVAILABLE COPY

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

5-2-01 #4  
BSKB  
(703) 205-8000  
0717-0465P  
10F1

J1036 U.S. PTO  
09/846297  
05/02/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 5月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-152207

出 願 人

Applicant (s):

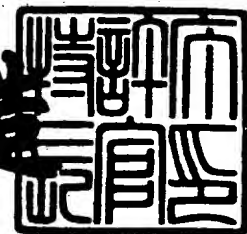
シャープ株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 2月16日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3009047

【書類名】 特許願

【整理番号】 00J02175

【提出日】 平成12年 5月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06F 15/62  
G06F 15/66

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 熊田 清

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 賀好 宣捷

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100078282

【弁理士】

【氏名又は名称】 山本 秀策

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001878

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005652

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 全方位視覚システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 周囲 3 6 0 ° の視野領域の映像が得られ、該映像に対して中心射影の変換が可能な光学系と、

該光学系を通して得られる光学像を画像データに変換する撮像手段と、

該画像データを表示データに変換する画像変換手段と、

該画像変換手段からの出力を表示する表示手段と、

該表示手段に表示する画像を制御する表示制御手段と

を備え、

該画像変換手段がバッファメモリーと CPU と三角関数のルックアップテーブルと演算ロジック回路とを備えている全方位視覚システム。

【請求項 2】 前記画像変換手段が、少なくとも入力画像をパノラマ画像に変換する変換機能、透視画像に変換する機能、変換領域を選択する機能、ズームイン・ズームアウト機能およびパン・チルト機能のいずれかを有する請求項 1 に記載の全方位視覚システム。

【請求項 3】 前記画像変換手段は、入力された画像データをベースとして、ズームイン・ズームアウトまたはパン・チルトを行った後の画像に対応する部分をパノラマ画像または透視画像に変換する請求項 2 に記載の全方位視覚システム。

【請求項 4】 前記演算ロジック回路が、線形演算処理回路のみで構成されている請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の全方位視覚システム。

【請求項 5】 前記光学系が、2 葉双曲面のうち一方の双曲面形状を有する双曲面ミラーからなり、該双曲面ミラーの回転軸が前記撮像手段に備わった撮像レンズの光軸に一致し、該撮像レンズの第 1 主点が該双曲面ミラーの片方の焦点位置に配されている請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の全方位視覚システム。

【請求項 6】 前記光学系が、回転体凸面ミラーを含む複数枚の回転体ミラーからなり、該複数枚の回転体ミラーの回転軸が前記撮像手段に備わった撮像レ

レンズの光軸に一致し、該複数枚の回転体ミラーのうちの第1ミラーの焦点に向かう光が該第1ミラーで反射された後に第2ミラーで反射され、該第2ミラーの焦点位置に配された撮像レンズの第1主点に集光されるように構成されている請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の全方位視覚システム。

【請求項7】 前記撮像手段が、光学像をデジタル画像データに変換するデジタル撮像手段である請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の全方位視覚システム。

【請求項8】 前記撮像手段からの出力を記録する画像記録手段を備え、該画像記録手段が、デジタル記録手段である請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の全方位視覚システム。

【請求項9】 前記CPUが並列演算機能を備えている請求項1乃至請求項8のいずれかに記載の全方位視覚システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、視野角を広げて全方位を観測可能であり、監視カメラ等の視覚センサーに用いられる全方位視覚システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、監視カメラ等の視覚センサーの分野において、カメラとコンピュータを組み合わせることにより、従来では人間が自らの視覚で行っていた作業を行わせるための様々な試みが実用化されつつある。一般に、このような用途に用いられるカメラは視角が限られており、視野角を広げる試みが広角レンズ（魚眼レンズ）を用いて行われている。また、移動ロボット等の分野では、視野角を広げるために、回転体ミラー（円錐ミラー、球面ミラー、双極面ミラー等）を利用する研究が活発に行われている。

【0003】

しかし、従来の視覚センサーにおいては、いずれも、光学系と撮像手段を用いて得られた全方位画像を人間が見やすいパノラマ画像等に変換するために、コン

ピューターによるソフト処理を行っていた。

【0004】

図10に、従来の全方位視覚システムの一例を示す。この全方位視覚システムは、広角レンズ（魚眼レンズ）や回転体ミラー（円錐ミラー、球面ミラー、双極面ミラー等）を利用した光学系1と、光学系1で得られた光学像を画像データに変換する撮像手段2と、ソフト処理による画像変換手段と表示手段と表示制御手段とを含むコンピューター（ワークステーション）7とから構成されている。そして、光学系1で得られた円形の光学像を撮像手段2で円形画像の画像データに変換し、この画像データをコンピューター7に入力してソフトウェアによる処理（ソフト処理）により人間が見やすい画像である四角いパノラマ画像や透視画像に変換していた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、円形画像の画像データを入力して人間が見やすい四角いパノラマ画像や透視画像に変換する画像変換処理は、三角関数を用いた極座標から直角座標への座標変換が多用され、さらに、この座標変換には高精度が要求される。

【0006】

このため、従来のようにコンピューター7を用いてソフト処理により画像変換処理を行おうとすると、双曲面ミラーを用いた場合でも1データ変換のために20ステップ以上の演算処理が必要となり、ソフト処理に長い時間がかかるという問題があった。

【0007】

なお、回転体ミラーの中でも双極面ミラーを利用した場合には、正確な中心射影の変換が可能な光学系であるため、線形演算処理のみで画像変換処理が可能である。よって、広角レンズ（魚眼レンズ）や回転体ミラーでも円錐ミラーや球面ミラーを利用した光学系を用いた場合に比べると、処理速度は比較的速くなる。広角レンズ（魚眼レンズ）や回転体ミラーである円錐ミラーや球面ミラーを用いた場合には、画像変換処理のために三角関数に加えて非線形演算処理が必要であるため、さらに長い時間がかかるという問題があった。

## 【 0 0 0 8 】

さらに、画像変換処理をソフト処理で行った場合、予め定数演算の計算結果をレジスタに保存しておいたとしても、これを逐次呼び出して計算結果を再度レジスタに一時保存するというステップを何度も繰り返す必要があり、上述したステップ数に応じたデータ処理時間が必要であった。

## 【 0 0 0 9 】

従って、画素数が少ない場合にはソフト処理にかかる時間は少なくて済むが、画素数が多くなるにつれてソフト処理にかかる時間が飛躍的に増加する。このため、画像変換処理が可能なフレーム数としては、10万画素程度の画素数で秒当たり数フレームが限度であった。

## 【 0 0 1 0 】

静止画の場合には、ソフト処理に時間がかかっても問題が無いため、従来の全方位視覚システムによっても高画質化が可能である。しかし、動画像の場合には、画素数が多くなるにつれてソフト処理の処理速度が追いつかず、非常に見難い画像となるため、さらなる画像変換処理の高速化が不可欠であった。

## 【 0 0 1 1 】

本発明は、このような従来技術の課題を解決するためになされたものであり、画像変換処理を高速に行って、画素数が増加しても動画像に十分追従することが可能な全方位視覚システムを提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 2 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の全方位視覚システムは、周囲360°の視野領域の映像が得られ、該映像に対して中心射影の変換が可能な光学系と、該光学系を通して得られる光学像を画像データに変換する撮像手段と、該画像データを表示データに変換する画像変換手段と、該画像変換手段からの出力を表示する表示手段と、該表示手段に表示する画像を制御する表示制御手段とを備え、該画像変換手段がバッファメモリとCPUと三角関数のルックアップテーブルと演算ロジック回路とを備えており、そのことにより上記目的が達成される。

## 【 0 0 1 3 】

前記画像変換手段が、少なくとも入力画像をパノラマ画像に変換する変換機能、透視画像に変換する機能、変換領域を選択する機能、ズームイン・ズームアウト機能およびパン・チルト機能のいずれかを有する構成とすることができる。

## 【0014】

前記画像変換手段は、入力された画像データをベースとして、ズームイン・ズームアウトまたはパン・チルトを行った後の画像に対応する部分をパノラマ画像または透視画像に変換するのが好ましい。

## 【0015】

前記演算ロジック回路が、線形演算処理回路のみで構成されていてもよい。

## 【0016】

前記光学系が、2葉双曲面のうち一方の双曲面形状を有する双曲面ミラーからなり、該双曲面ミラーの回転軸が前記撮像手段に備わった撮像レンズの光軸に一致し、該撮像レンズの第1主点が該双曲面ミラーの片方の焦点位置に配されていてもよい。

## 【0017】

前記光学系が、回転体凸面ミラーを含む複数枚の回転体ミラーからなり、該複数枚の回転体ミラーの回転軸が前記撮像手段に備わった撮像レンズの光軸に一致し、該複数枚の回転体ミラーのうちの第1ミラーの焦点に向かう光が該第1ミラーで反射された後に第2ミラーで反射され、該第2ミラーの焦点位置に配された撮像レンズの第1主点に集光されるように構成されていてもよい。

## 【0018】

前記撮像手段が、光学像をデジタル画像データに変換するデジタル撮像手段であってもよい。

## 【0019】

前記撮像手段からの出力を記録する画像記録手段を備え、該画像記録手段が、デジタル記録手段であってもよい。

## 【0020】

前記CPUが並列演算機能を備えているのが好ましい。

## 【0021】



なお、本明細書において、中心射影の変換が可能であるとは、撮像手段で撮影した画像を光学系の一方の焦点位置を視点とする画像と見なすことができるということを示す。

【 0 0 2 2 】

以下、本発明の作用について説明する。

【 0 0 2 3 】

本発明にあっては、画像記録手段に記録した画像データまたは撮像手段から出力された画像データをパノラマ画像や透視画像に変換する機能、変換領域を選択する機能、ズームイン・ズームアウト機能、パン・チルト機能等を有する画像変換手段を備えている。この画像変換手段は、画像データを入力する入力バッファメモリと、画像変換処理を行う演算ロジック回路と、画像変換処理を制御するCPU (Central Processing Unit) と、ルックアップテーブルと、画像変換処理後の画像データが入力される出力バッファメモリとで構成されている。よって、ソフトウェアで処理を行う従来技術に比べて、各演算の中間結果を記憶手段に蓄積したり、それを読み出す処理を行う必要がない。また、本発明では画像変換のための演算処理をハードウェアで行うため、演算用ハードウェアの入出力間の遅延時間内で画像変換処理を行うことが可能である。さらに、画像変換手段がハードウェアで構成されているので、全方位視覚システムの小型化を図ることが可能である。なお、一般的な三角関数の計算方法は、級数展開して近似計算を行う。このとき、何次の項まで計算するかによって精度が決まり、高精度が要求される場合には項数が増えるため、計算時間が飛躍的に増加する。よって、三角関数のルックアップテーブルを用いることにより、計算時間を短縮することが可能である。

【 0 0 2 4 】

上記ズームイン・ズームアウト機能またはパン・チルト機能は、パノラマ画像や透視画像に変換するための座標変換後の画像データをベースとすると、座標変換後の画像データを一旦保存するためのバッファメモリが必要になる。よって、撮像手段または画像記憶手段から入力画像データをベースとして、ズームイン・ズームアウトまたはパン・チルト後の画像に対応する部分を、パノラマ画像ま

たは透視画像に変換するのが好ましい。

【 0 0 2 5 】

上記光学系としては、例えば後述する実施形態 1 に示すように、2 葉双曲面のうちの一方の双曲面形状を有する双曲面ミラーからなり、双曲面ミラーの回転軸が撮像手段に備わった撮像レンズの光軸に一致し、撮像レンズの第 1 主点が双曲面ミラーの片方の焦点位置（他方の焦点位置）に配されたものを用いることができる。この場合、撮像手段で撮影した画像を、双曲面ミラーの一方の焦点位置を視点とした画像と見なすことが可能になる。よって、三角関数のルックアップテーブルを用いて、線形演算処理のみで極座標から直交座標への座標変換を行ってパノラマ画像や透視画像への変換が可能となる。

【 0 0 2 6 】

または、後述する実施形態 2 に示すように、回転体凸面ミラーを含む複数枚の回転体ミラーからなり、その回転体ミラーの回転軸が撮像手段に備わった撮像レンズの光軸に一致し、その回転体ミラーのうちの第 1 ミラーの焦点に向かう光がその第 1 ミラーで反射された後に第 2 ミラーで反射され、その第 2 ミラーの焦点位置に配された撮像レンズの第 1 主点に集光されるように光学系を構成してもよい。この場合、撮像手段で撮影した画像を、第 1 ミラーの焦点位置を視点とした画像と見なすことが可能になる。よって、三角関数のルックアップテーブルを用いて、線形演算処理のみで極座標から直交座標への座標変換を行ってパノラマ画像や透視画像への変換が可能となる。

【 0 0 2 7 】

上記撮像手段として、光学像をデジタル画像データに変換するデジタル撮像手段を用いることにより、データ処理が容易になる。

【 0 0 2 8 】

上記画像記録手段として、デジタル記録手段を用いることにより、データ処理が容易になる。

【 0 0 2 9 】

さらに、並列演算機能を備えた CPU を用いることにより、高速に画像変換処理を行うことが可能となる。

【0030】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0031】

(実施形態1)

図1は、本発明の一実施形態である全方位視覚システムの構成を説明するためのブロック図である。この全方位視覚システムは、周囲360°の視野領域の映像が得られ、その映像に対して中心射影の変換が可能な光学系1と、光学系1を通して得られる光学像を画像データに変換する撮像手段2と、撮像手段2からの出力を記録する画像記録手段3と、画像記録手段3に記録した画像データまたは撮像手段2から出力された画像データをパノラマ画像に変換したり、透視画像に変換したりする画像変換手段4と、画像変換手段4からの出力を表示する表示手段5と、表示手段5に表示する画像の選択やサイズ等を制御する表示制御手段6とを備えている。

【0032】

以下に、各部分について、詳細に説明する。

【0033】

中心射影の変換が可能な光学系1としては、例えば図2に示すようなものを用いることができる。ここでは、回転体ミラーの1種である2葉双曲面のうちの一方の双曲面形状を有する双曲面ミラー54を用いて、双曲面ミラー54の回転軸が撮像手段2に備わった撮像レンズの光軸に一致し、撮像レンズの第1主点が双曲面ミラーの片方の焦点位置（他方の焦点（外焦点）位置②）に配されている。これにより、撮像手段2で撮影した画像を双曲面ミラー54の一方の焦点位置①を視点とする画像と見なすことが可能になる。このような光学系は、例えば特開平6-295333号公報に詳述されているので、特徴点のみを以下に説明する。

【0034】

図2において、双曲面ミラー54とは、双曲線をZ軸を中心として回転して得られる曲面（2葉双曲面）のうちの一方（ $Z > 0$ の領域）の曲面の凸状面に鏡面

を形成したものである。この2葉双曲面は、

$$\frac{(X^2 + Y^2)}{a^2} - \frac{Z^2}{b^2} = -1$$

$$c^2 = (a^2 + b^2)$$

で表される。なお、a および b は双曲面の形状を定義する定数であり、c は焦点の位置を定義する定数である。

#### 【0035】

この双曲面ミラー54は2つの焦点①と②とを有し、外部から一方の焦点①に向かう光は双曲面ミラー54で反射され、全て他方の焦点②に向かうという特徴を有する。従って、双曲面ミラー54の回転軸と撮像レンズの光軸とを一致させると共に、他方の焦点位置②に撮像レンズの第1主点を配置することにより、撮像手段2で撮影された画像が、一方の焦点①を視点中心として視野方向によって視点位置が変わらない画像となる。

#### 【0036】

このため、後述する画像変換手段4では、LUT（ルックアップテーブル）10を使用することにより、非線形演算処理を含まず、線形演算処理のみで入力された画像データをパノラマ画像や透視画像等の表示データに変換する画像変換処理が可能となる。

#### 【0037】

撮像手段2はビデオカメラ等であり、図2における双曲面ミラー54を介して得られる光学像を、CCDやCMOS等の固体撮像素子を利用してデジタル画像データに変換する。撮像手段のレンズは、一般的な球面レンズでも非球面レンズであってもよく、焦点位置②に第1主点が配置されていればよい。

#### 【0038】

画像記録手段3は、撮像手段2のデジタル出力を入力として、その時系列画像信号をテープ、またはMOやMD、DVD等のディスクタイプの記録メディアにデジタル記録する。

#### 【0039】

画像変換手段4は、図3に示すように、入力バッファメモリー8と、CPU9と、三角関数のルックアップテーブルLUT10と、画像変換用の演算ロジック

回路 1 1 と、出力バッファメモリー 1 2 を備えており、各々がバスライン 1 3 で接続されている。

#### 【 0 0 4 0 】

この画像変換手段 4 の入力バッファメモリー 8 には、画像記録手段 3 に記録した画像データ、または撮像手段 2 から出力された画像データが入力される。この入力バッファメモリー 8 に入力された画像データは円形画像であるので、これを演算ロジック回路 1 1 により三角関数のルックアップテーブル 1 0 を用いて極座標から直交座標への座標変換を行うことにより、人間が見やすい四角いパノラマ画像や透視画像に変換される。この変換については、以下に詳述する。さらに、必要に応じて画像のズームイン・ズームアウトやパン・チルト等、視覚方向の変更に対応した画像変換処理が施され、画像変換処理後の画像データが出力バッファメモリー 1 2 に入力される。一連の処理は、CPU 9 により制御される。

#### 【 0 0 4 1 】

なお、ズームイン・ズームアウト機能またはパン・チルト機能は、座標変換後の画像データをベースとすると、座標変換後の画像データを一旦保存するためのバッファメモリーが必要になる。よって、本実施形態では、座標変換後の画像データをベースとするのではなく、撮像手段または画像記録手段から入力された画像データをベースとして、ズームイン・ズームアウトまたはパン・チルト後の画像に対応する部分を、パノラマ画像または透視画像に変換する方式を採用する。これにより、バッファメモリーを増加させることなく画像変換を行うことができ、システムの小型化が可能となる。

#### 【 0 0 4 2 】

表示手段 5 はブラウン管、LCD や EL 等からなるモニター等であり画像変換手段 4 の出力バッファメモリー 1 2 からの出力を入力として、画像を表示する。

#### 【 0 0 4 3 】

表示制御手段 6 は専用のマイクロコンピューター等であり、表示手段 5 に表示する画像の種類（例えば画像変換手段 4 により変換されたパノラマ状の画像や透視変換された画像等）、画像の向きや画像のサイズ等を選択して制御する。

#### 【 0 0 4 4 】

次に、上記演算ロジック回路11による画像変換の原理について、説明する。画像変換としては、360°のパノラマ画像に変換するためのパノラマ画像変換および透視画像に変換するための透視変換がある。また、透視変換には横回転移動（左右移動、いわゆるパン動作）および縦回転移動（上下移動、いわゆるチルト動作）がある。

## 【0045】

まず、360°のパノラマ画像変換について、図4を用いて説明する。図4（a）の57は撮像手段2または画像記録手段3から入力された円形画像であり、図4（b）の58はドーナツ状に切り出して切り開く途中を示し、図4（c）の59は引き伸ばして直交座標に変換した後のパノラマ画像である。

## 【0046】

図4（a）に示すように、入力円形画像をその中心を原点とした極座標で表すと、各画素Pの座標は $(r, \theta)$ で表わされる。図4（b）に示すように、点Pのパノラマ画像上の座標を $(x, y)$ とすると、図4（a）の入力円形画像をO $(r_o, \theta_o)$ を基準として四角いパノラマ画像に変換する座標変換式は、

$$x = \theta - \theta_o$$

$$y = r - r_o$$

で表される。図4（a）の入力円形画像の中心を原点 $(X_o, Y_o)$ とし、入力円形画像上の点Pの座標を $(X, Y)$ とすると、

$$X = X_o + r \times \cos \theta$$

$$Y = Y_o - r \times \sin \theta$$

であるので、

$$x = \arctan \{ (Y - Y_o) / (X - X_o) \} - \theta_o$$

$$y = \sqrt{(X - X_o)^2 + (Y - Y_o)^2}$$

と表される。

## 【0047】

パノラマ画像のパン動作については、基準点O $(r_o, \theta_o)$ の座標 $\theta_o$ を所定のキー操作に対応して一定角度 $\Delta \theta$ だけ増減した点を基準として変換することにより、左右にパンした後のパノラマ画像を入力画像から直接生成することがで

きる。なお、パノラマ画像ではチルト動作は行わない。

【0048】

次に、透視変換について、図5を用いて説明する。透視変換の座標変換については、空間上の点が入力画像上のどの位置に対応するかを計算し、その点の画像情報を透視変換後の画像上の対応する座標位置に割り当てる方法を採用する。

【0049】

図5に示すように、空間上の点の座標を  $P(t_x, t_y, t_z)$  とし、撮像手段受光部2aに形成される円形画像（入力座標系）上の対応する点の座標を  $P(r, \theta)$  とし、撮像手段2の撮像レンズの焦点距離を  $F$  とし、さらに、ミラー定数を  $(a, b, c)$ （上記図2の  $a, b, c$  と同じ）とすると、

$$r = F \times \tan((\pi/2) - \beta) \quad \dots (1)$$

但し、 $\alpha$  は物点から双曲面ミラーの焦点①へ向かう入射光の焦点から見た入射角（水平面からの上下振れ角）であり、 $\beta$  は物点から双曲面ミラーの焦点①へ向かう光が双曲面ミラーで反射されて撮像手段に入射する入射角（但し、光軸からの角度ではなく、光軸に垂直なレンズ平面からの角度）であり、

$$\beta = \arctan((b^2 + c^2) \times \sin \alpha - 2 \times b \times c) / (b^2 - c^2) \times \cos \alpha)$$

$$\alpha = \arctan(t_z / \sqrt{t_x^2 + t_y^2})$$

$$\theta = \arctan(t_y / t_x)$$

となる。

【0050】

上記式(1)を整理すると、

$$r = F \times ((b^2 - c^2) \times \sqrt{t_x^2 + t_y^2}) / ((b^2 + c^2)$$

$$\times t_z - 2 \times b \times c \times \sqrt{t_x^2 + t_y^2 + t_z^2}))$$

である。さらに、円形画像上の点の座標を直交座標に変換して  $P(X, Y)$  とすると、

$$X = r \times \cos \theta$$

$$Y = r \times \sin \theta$$

であるので、

$$X = F \times \left( \left( (b^2 - c^2) \times t_x / \left( (b^2 + c^2) \times t_z - 2 \times b \times c \times \sqrt{t_x^2 + t_y^2 + t_z^2} \right) \right) \right) \dots (2)$$

$$Y = F \times \left( \left( (b^2 - c^2) \times t_y / \left( (b^2 + c^2) \times t_z - 2 \times b \times c \times \sqrt{t_x^2 + t_y^2 + t_z^2} \right) \right) \right) \dots (3)$$

となる。

#### 【0051】

以上の計算により、空間上の点P (t x, t y, t z) を透視したときの直交座標系への透視変換がなされる。

#### 【0052】

ここで、双曲面ミラー54の焦点から距離R、俯角 $\phi$  (上記 $\alpha$ と同じ)、Z軸周りの回転角 $\theta$ の空間上に、図5に示すような幅W、高さhの画像平面を考える。このとき、平面上の点、例えば左上コーナーの点Qの座標 (t x q, t y q, t z q) は、

$$t x q = (R \cos \phi + (h/2) \sin \phi) \cos \theta - (W/2) \sin \theta \dots (4)$$

$$t y q = (R \cos \phi + (h/2) \sin \phi) \sin \theta + (W/2) \cos \theta \dots (5)$$

$$t z q = R \sin \phi - (h/2) \cos \phi \dots (6)$$

で表される。

#### 【0053】

よって、上記式(4)、(5)および(6)を上記式(2)および(3)に代入することにより、入力画像面上の対応する点の座標XとYとを求めることができる。ここで、透視画面サイズをピクセル(画素)単位で幅dおよび高さeとすると、上記式(4)、(5)および(6)においてWをW/dステップでW〜W、hをh/eステップでh〜hまで変化させたときに、入力画像面上の対応する点の画像データを並べることにより透視画像が得られる。



## 【0054】

次に、透視変換における横回転移動と縦回転移動（パン・チルト動作）について説明する。まず、上述のようにして得られた点Pが横回転移動（左右移動）した場合について説明する。横回転移動については、移動角度を $\Delta\theta$ とすると、移動後の座標 $(tx', ty', tz')$ は、

$$tx' = (R \cos \phi + (h/2) \sin \phi) \cos (\theta + \Delta\theta) - (W/2) \sin (\theta + \Delta\theta) \quad \dots (7)$$

$$ty' = (R \cos \phi + (h/2) \sin \phi) \sin (\theta + \Delta\theta) + (W/2) \cos (\theta + \Delta\theta) \quad \dots (8)$$

$$tz' = R \sin \phi - (h/2) \cos \phi \quad \dots (9)$$

で表される。

## 【0055】

よって、横回転移動については、上記式（7）、（8）および（9）を上記式（2）および（3）に代入することにより、入力画像面上の対応する点の座標XとYとを求めることができる。他の平面上の点についても同様である。よって、上記式（7）、（8）および（9）において $W \sim -W$ 、 $h \sim -h$ まで変化させたときに、入力画像面上の対応する点の画像データを並べることにより回転画像が得られる。

## 【0056】

次に、上述のようにして得られた点Pが縦回転移動（上下移動）した場合について説明する。縦回転移動については、移動角度を $\Delta\phi$ とすると、移動後の座標 $(tx'', ty'', tz'')$ は、

$$tx'' = (R \cos (\phi + \Delta\phi) + (h/2) \sin (\phi + \Delta\phi)) \times \cos \theta - (W/2) \sin \theta \quad \dots (10)$$

$$ty'' = (R \cos (\phi + \Delta\phi) + (h/2) \sin (\phi + \Delta\phi)) \times \sin \theta + (W/2) \cos \theta \quad \dots (11)$$

$$tz'' = R \sin (\phi + \Delta\phi) - (h/2) \cos (\phi + \Delta\phi) \quad \dots (12)$$

で表される。

## 【0057】

よって、縦回転移動については、上記式(10)、(11)および(12)を上記式(2)および(3)に代入することにより、入力画像面上の対応する点の座標 $X$ と $Y$ とを求めることができる。他の平面上の点についても同様である。よって、上記式(10)、(11)および(12)において $W \sim -W$ 、 $h \sim -h$ まで変化させたときに、入力画像面上の対応する点の画像データを並べることにより回転画像が得られる。

## 【0058】

透視画像のズームイン・ズームアウト機能については、所定のキー操作に対応して上記変換式(4)～(12)中の式 $R$ を一定量 $\Delta R$ だけ増減することにより、ズームイン・ズームアウト後の透視画像を入力画像から直接生成することができる。

## 【0059】

さらに、変換領域を選択する機能については、入力画像からパノラマ画像への変換に際して、変換領域(半径方向)の範囲を所定のキー操作により指定できるようにすることができる。すなわち、変換領域指定モードにおいて、パノラマ画像への変換幅を2つの円で表示し、内側の円を基準点 $O(r_o, \theta_o)$ の座標 $r_o$ を半径とする円、外側の円をパノラマの上側の円とし、円形入力画像の最大径を $r_{max}$ 、撮像手段自身の画像半径を $r_{min}$ とすると、この2つの円の半径を $r_{min}$ 、 $r_{max}$ の間で所定のキー操作により自由に指定できるようにする。透視画像のサイズ(透視変換領域)についても、同様に、透視変換式において $W$ と $h$ とを自由に設定できるようにしてもよい。

## 【0060】

次に、上記演算ロジック回路11の主要部の回路構成例について、図6～図8を用いて説明する。

## 【0061】

まず、パノラマ変換ロジックは、図6に示すように、2つのラッチ14、15と、2つの乗算器16、17と、加算器19と、減算器18からなる。

## 【0062】

ここで、2つのラッチ14、15は、その入力がバスライン13に接続されており、制御信号 $P_s$ 、 $P_c$ により三角関数のLUT10からバスライン13を介して $\sin \theta_j$ 、 $\cos \theta_j$ の値を取り込んで保持する。ラッチ14が $\sin \theta_j$ の値を保持するラッチ（Sラッチ）であり、ラッチ15が $\cos \theta_j$ の値を保持するラッチ（Cラッチ）である。各ラッチ14、15の出力は乗算器16、17により $r_i$ と掛け合わされる。そして、乗算器17の出力（ $r_i \times \cos \theta_j$ ）が加算器19により $X_o$ と加算され、入力画像上の点のX座標データとして

$$X = X_o + r_i \cos \theta_j$$

が出力される。また、乗算器16の出力（ $r_i \times \sin \theta_j$ ）が減算器18により $Y_o$ から減算され、入力画像上の点のY座標データとして

$$Y = Y_o - r_i \sin \theta_j$$

が出力される。このX座標データ、Y座標データがバスライン13を介してCPU9に送られ、対応する入力バッファメモリー8の画像データが出力バッファメモリー12の対応する座標位置に送られて保存される。

次に、透視変換ロジックは、図7に示すように、4つのラッチ20～23と、乗算器24～27、30～35、38と、加算器29、36と、減算器28、37からなる第1ステップ（透視変換ロジック-1）と、図8に示すように、乗算器41～47、51と、加算器40、48、49と、減算器39、52と、平方根器50と、逆数器53からなる第2ステップ（透視変換ロジック-2）とを有する。

### 【0063】

ここで、図7に示す4つのラッチ20～23は、その入力がバスライン13に接続されており、制御信号 $\theta_s$ 、 $\theta_c$ 、 $\phi_s$ 、 $\phi_c$ により三角関数のLUT10からバスライン13を介して $\sin \theta$ 、 $\cos \theta$ 、 $\sin \phi$ 、 $\cos \phi$ の値を取り込んで保持する。ラッチ20が $\sin \theta$ の値を保持するラッチであり、ラッチ21が $\cos \theta$ の値を保持するラッチであり、ラッチ22が $\sin \phi$ の値を保持するラッチであり、ラッチ23が $\cos \phi$ の値を保持するラッチである。各ラッチ22、23の出力は、乗算器33、35によりRと掛け合わされると共に、乗算器32、34により $h/2$ と掛け合わされる。乗算器32、33の出力は加算

器36により加算されて各々の出力が乗算器24、26に送られ、ラッチ20、21の出力と掛け合わされる。さらに、ラッチ20、21の出力は乗算器25、27により $w/2$ と掛け合わされ、それらの出力が減算器28により引き算されると共に加算器29により足し算され、空間上の点の座標 $tx$ として

$$tx = (R \cos \phi + (h/2) \sin \phi) \cos \theta - (W/2) \sin \theta$$

が出力され、空間上の点の座標 $ty$ として

$$ty = (R \cos \phi + (h/2) \sin \phi) \sin \theta + (W/2) \cos \theta$$

が出力されると共に、乗算器30、31により $tx^2$ 、 $ty^2$ が生成される。一方、乗算器34、35の出力は減算器37により引き算され、空間上の点の座標 $tz$ として

$$tz = R \sin \phi - (h/2) \cos \phi$$

が出力されると共に、乗算器38により $tz^2$ が生成される。

【0064】

さらに、 $tx^2$ 、 $ty^2$ 、 $tz^2$ は、図8に示す加算器48、49により加算され、平方根器50に入力されて平方根が計算される。なお、

$$\text{sqrt}(tx^2 + ty^2 + tz^2) = R \text{ (定数)}$$

である。この出力が乗算器51により定数 $2bc$ と掛け合わされ、減算器52に入力される。なお、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ はミラ一定数である。一方、加算器40と減算器39により定数 $b^2$ と $c^2$ の和と差が計算され、定数 $b^2$ と $c^2$ の和が乗算器53で $tz$ と掛け合わされて減算器52に送られ、上記乗算器51の出力と引き算される。この出力がさらに逆数器53により逆数に変換され、乗算器44、45に送られる。また、定数 $b^2$ と $c^2$ の差は乗算器41、42により $tx$ 、 $ty$ と掛け合わされ、その出力が乗算器44、45に送られて、上記逆数器53の出力と掛け合わされる。さらに、これらの出力が乗算器46、47に送られ、定数 $F$ と掛け合わされて、入力画像上の点の $x$ 座標データとして

$$x = F \times \left( \left( (b^2 - c^2) \times tx / ((b^2 + c^2) \times tz - 2 \times b \times c \times \text{sqrt}(tx^2 + ty^2 + tz^2)) \right) \right)$$

が出力され、入力画像上の点の $y$ 座標データとして

$$y = F \times \left( \left( (b^2 - c^2) \times ty / ((b^2 + c^2) \times tz - 2 \times b \times c \times \text{sqrt}(tx^2 + ty^2 + tz^2)) \right) \right)$$

$$\times \sqrt{(t_x^2 + t_y^2 + t_z^2)})$$

が出力される。なお、Fは撮像レンズの焦点距離（定数）である。このx座標データ、y座標データがバスライン13を介してCPU9に送られ、対応する入力バッファメモリー8の画像データが出力バッファメモリー12の対応する座標位置に送られて保存される。

## 【0065】

なお、パノラマ画像のパン・チルト機能、透視画像のズームイン・ズームアウト機能およびパノラマ画像や透視画像の変換領域の選択機能については、上述したように、いずれもパラメータ（定数）の変換で対応しているため、専用の回路を追加する必要はない。

## 【0066】

以上のように、パノラマ画像変換、透視変換および横回転移動や縦回転移動（パン・チルト動作）等、いずれの画像変換も、線形演算処理のみで処理することが可能である。これは、上述したように、撮像手段2で撮影した画像を双曲面ミラー54の一方の焦点位置①を視点とする画像と見なすことができる（中心射影の変換が可能である）ため、三角関数のルックアップテーブルLUT10を用いて、線形演算処理のみで極座標から直交座標への変換が可能であるためである。また、ズームイン・ズームアウト機能等についても線形演算処理で処理することが可能である。

## 【0067】

従来では、上記画像データの変換処理をソフトウェアで行っており、1データの変換のために20ステップ以上の演算処理が必要であった。さらに、各演算処理の中間結果を記憶手段に蓄積し、さらに、それを読み出す処理も必要であった。これに対して、本実施形態では、演算処理をハードウェアである画像変換手段4により行うため、演算用ハードウェアの入出力間の遅延時間内で画像データの変換処理を行うことが可能である。よって、従来では問題となっていた動画画像の変換にも対応可能である。また、並列処理可能なCPU9を用いることにより、さらに高速に処理を行うことができる。さらに、画像変換手段4がハードウェアで構成されているので、全方位視覚システムの小型化を図ることも可能である。

【0068】

(実施形態2)

本実施形態では、中心射影の変換が可能な光学系1の一例として、図9に示すような、回転体凸面ミラーとこれを含む複数枚の回転体ミラーを用いた。

【0069】

ここでは、回転体ミラーの一例である放物面ミラー55a、55bを用い、2枚の放物面ミラー55の回転軸が撮像手段2に備わった撮像レンズの光軸に一致し、撮像手段2に近い方の第1放物面ミラー55aには切り欠き56が設けられている。そして、この第1放物面ミラー55aの焦点に向かう光がこのミラー55aで反射され、他方の第2放物面ミラー55bの内面で反射され、このミラー55bの焦点位置に配された撮像レンズの第1主点に集光されるように構成されている。これにより、撮像手段2で撮影した画像を第1放物面ミラー55aの焦点を視点とする画像と見なすことが可能になる。

【0070】

このような光学系は、例えば特開平11-331654号公報に詳述されており、本発明の画像変換手段を含む全方位視覚システムは、この光学系を使用することも可能である。

【0071】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、画像変換手段を演算ロジック回路を含むハードウェアで構成することにより、ソフトウェアで処理を行う従来技術に比べて、画像変換処理を高速に行うことができる。よって、画素数が増加しても、動画像に十分追従できる性能を発揮することができる。さらに、画像変換手段をハードウェアで構成することにより、全方位視覚システムの小型化を図ることができる。

【0072】

さらに、ズームイン・ズームアウトまたはパン・チルトを入力された画像データをベースとして行い、ズームイン・ズームアウトまたはパン・チルト後の画像に対応する部分を、パノラマ画像または透視画像に変換することにより、処理ス

チップの削減とバッファメモリーの使用量を減らすことが可能となり、一層の高速化とシステムの小型化が可能となる。また、並列演算機能を備えたCPUを用いることにより、さらに高速に画像変換処理を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態である全方位視覚システムの構成を説明するためのブロック図である。

【図 2】

実施形態 1 における光学系の構成例を示す斜視図である。

【図 3】

実施形態 1 における画像変換手段の構成例を示すブロック図である。

【図 4】

実施形態 1 における  $360^\circ$  のパノラマ画像変換について説明するための平面図であり、(a) は入力された円形画像であり、(b) はドーナツ状に切り出して切り開く途中であり、(c) は引き伸ばして直交座標に変換した後のパノラマ画像である。

【図 5】

実施形態 1 における透視変換について説明するための斜視図である。

【図 6】

実施形態 1 におけるパノラマ変換ロジックの構成例を示す図である。

【図 7】

実施形態 1 における透視変換ロジックの構成例を示す図である。

【図 8】

実施形態 1 における透視変換ロジックの構成例を示す図である。

【図 9】

実施形態 2 における光学系の構成例を示す斜視図である。

【図 10】

従来の全方位視覚システムの構成例を示すブロック図である。

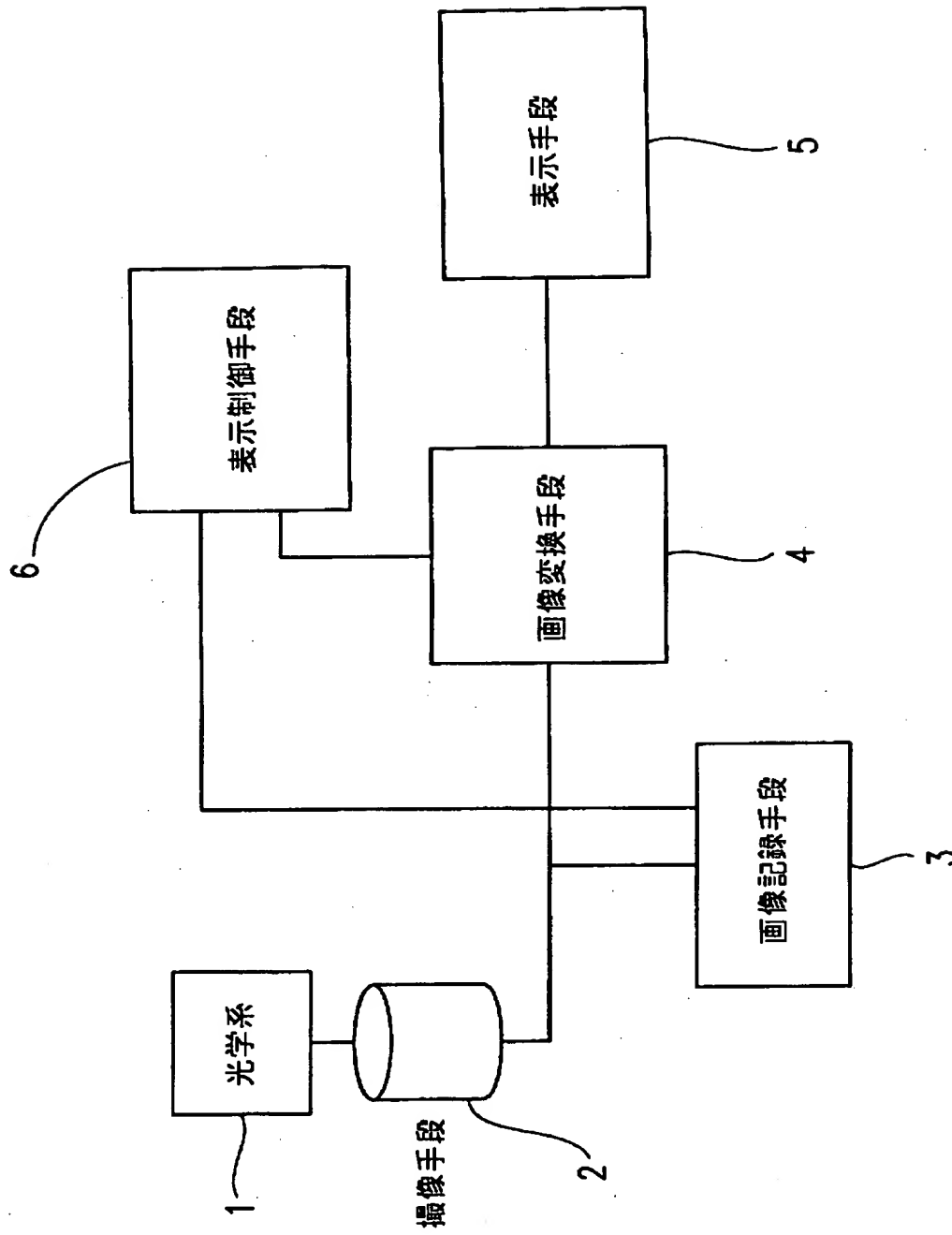
【符号の説明】

- 1 光学系
- 2 撮像手段
- 3 画像記録手段
- 4 画像変換手段
- 5 表示手段
- 6 表示制御手段
- 7 コンピューター (ワークステーション)
- 8 入力バッファメモリー
- 9 CPU
- 10 LUT
- 11 演算ロジック回路
- 12 出力バッファメモリー
- 13 バスライン
- 14、15、20～23 ラッチ
- 16、17、24～27、30～35、38、41～47、51 乗算器
- 18、28、37、39、52 減算器
- 19、29、36、40、48、49 加算器
- 50 平方根器
- 53 逆数器
- 54 双曲面ミラー
- 55 放物面ミラー
- 55 a 第1放物面ミラー
- 55 b 第2放物面ミラー
- 56 切り欠き
- 57 円形入力画像
- 58 ドーナツ状に切り出し、切り開く途中の状態
- 59 引き伸ばし後のパノラマ画像



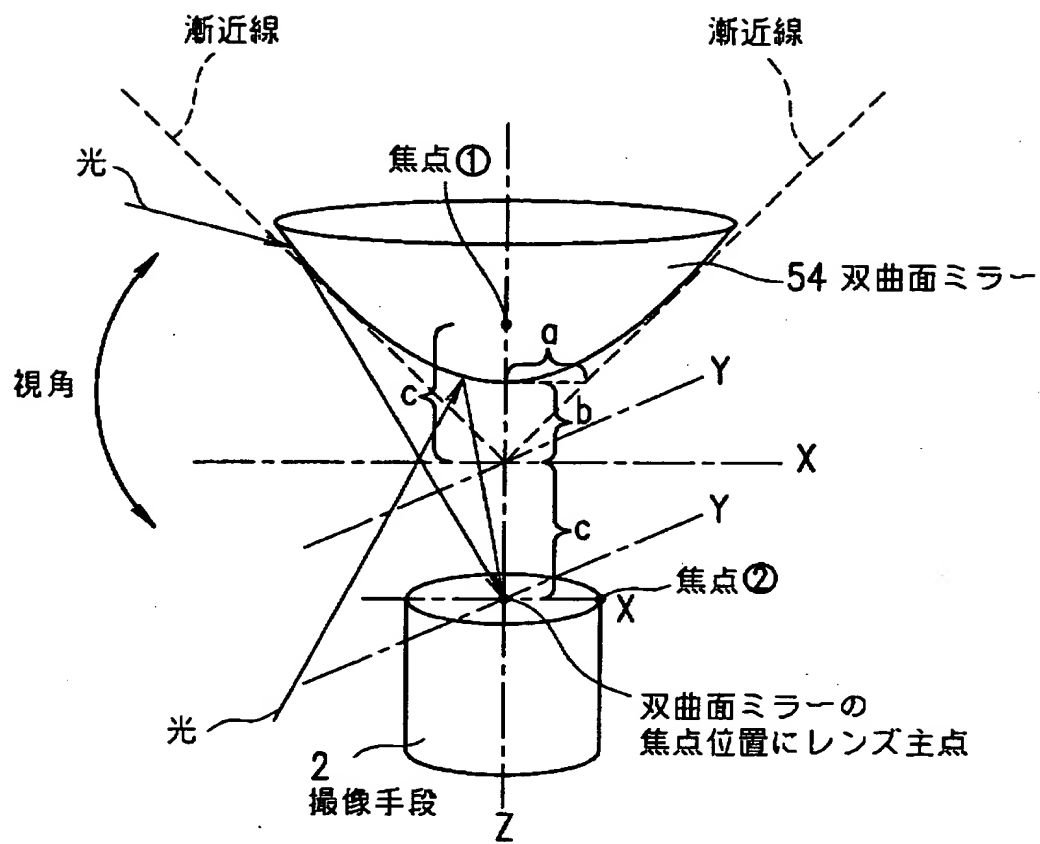
【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】

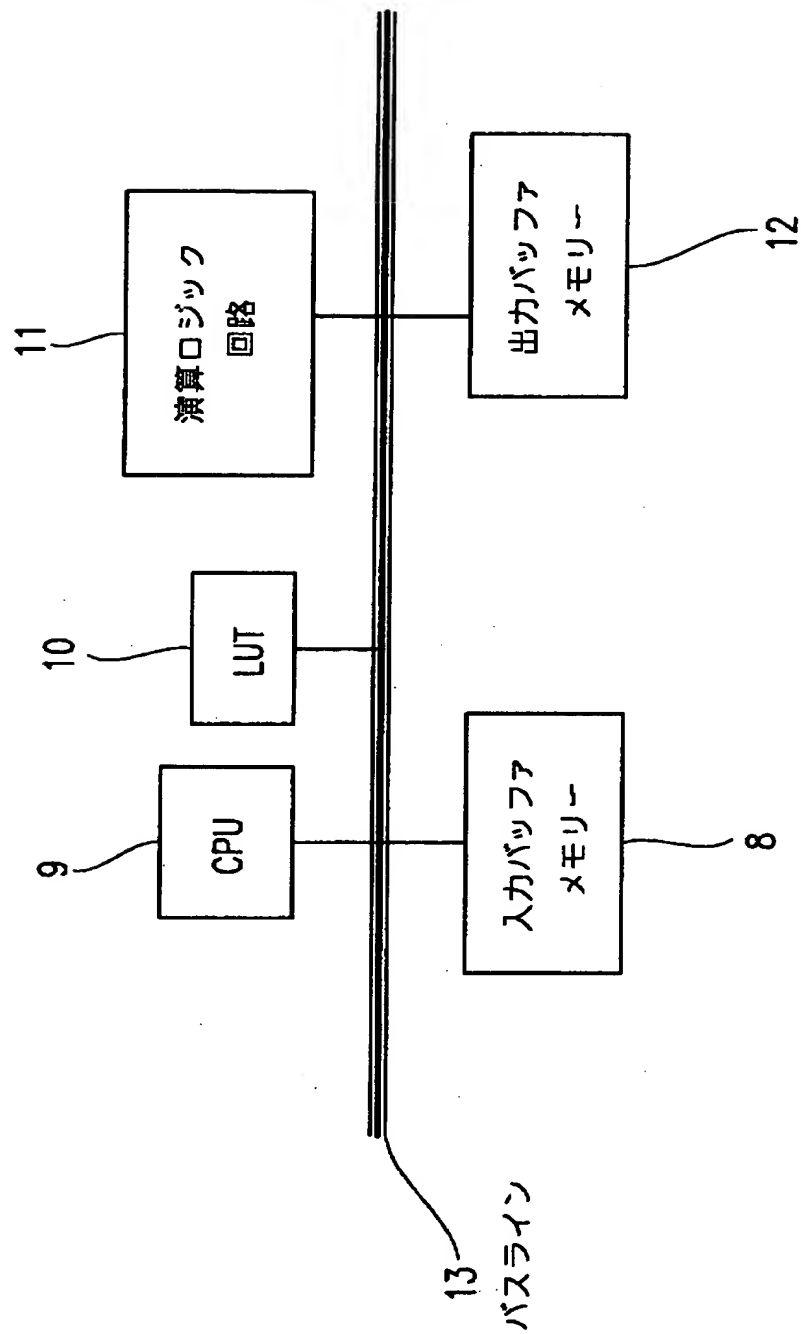
双曲面ミラー光学系



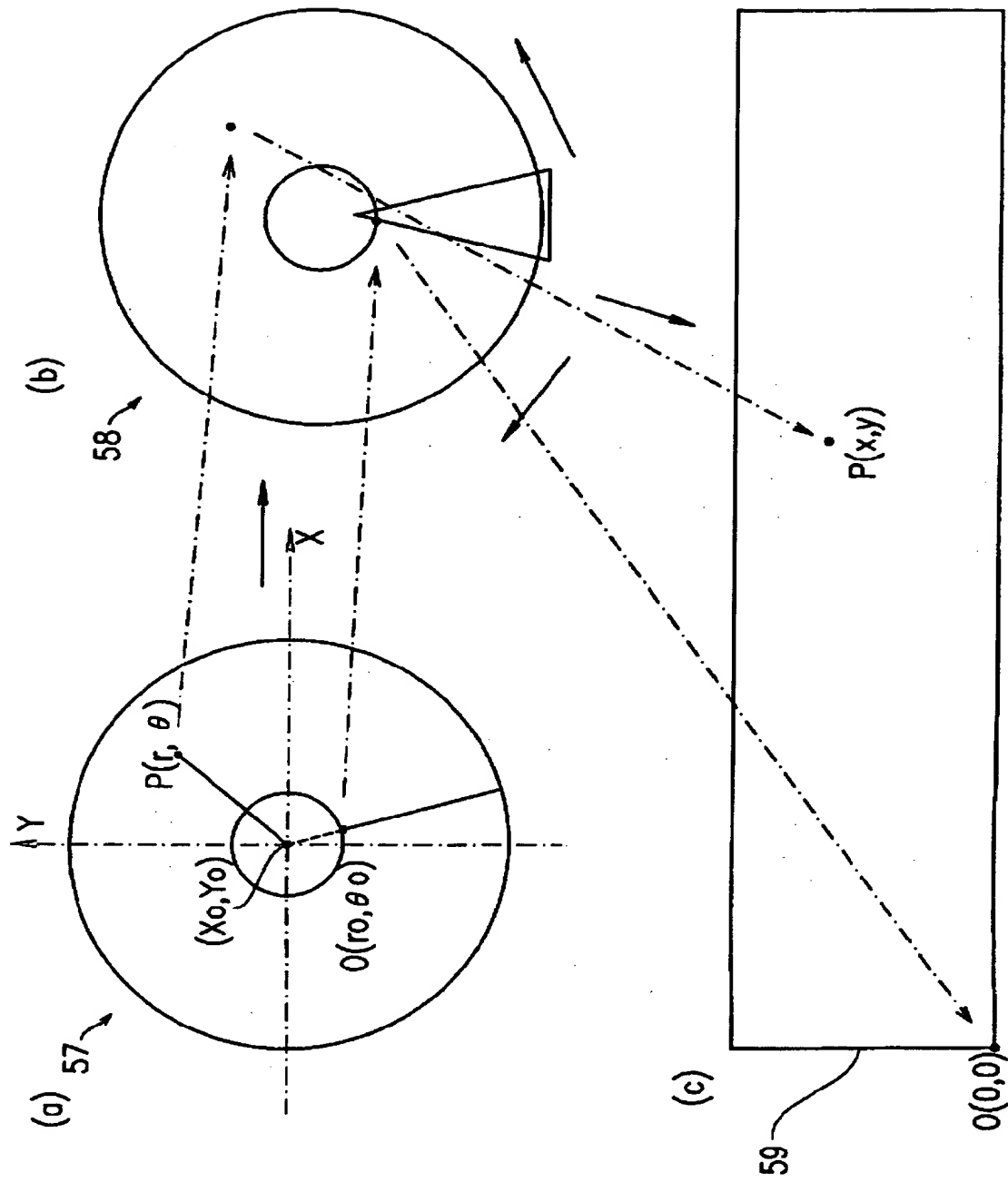
$$\frac{X^2 + Y^2}{a^2} - \frac{Z^2}{b^2} = -1$$

$$c^2 = a^2 + b^2$$

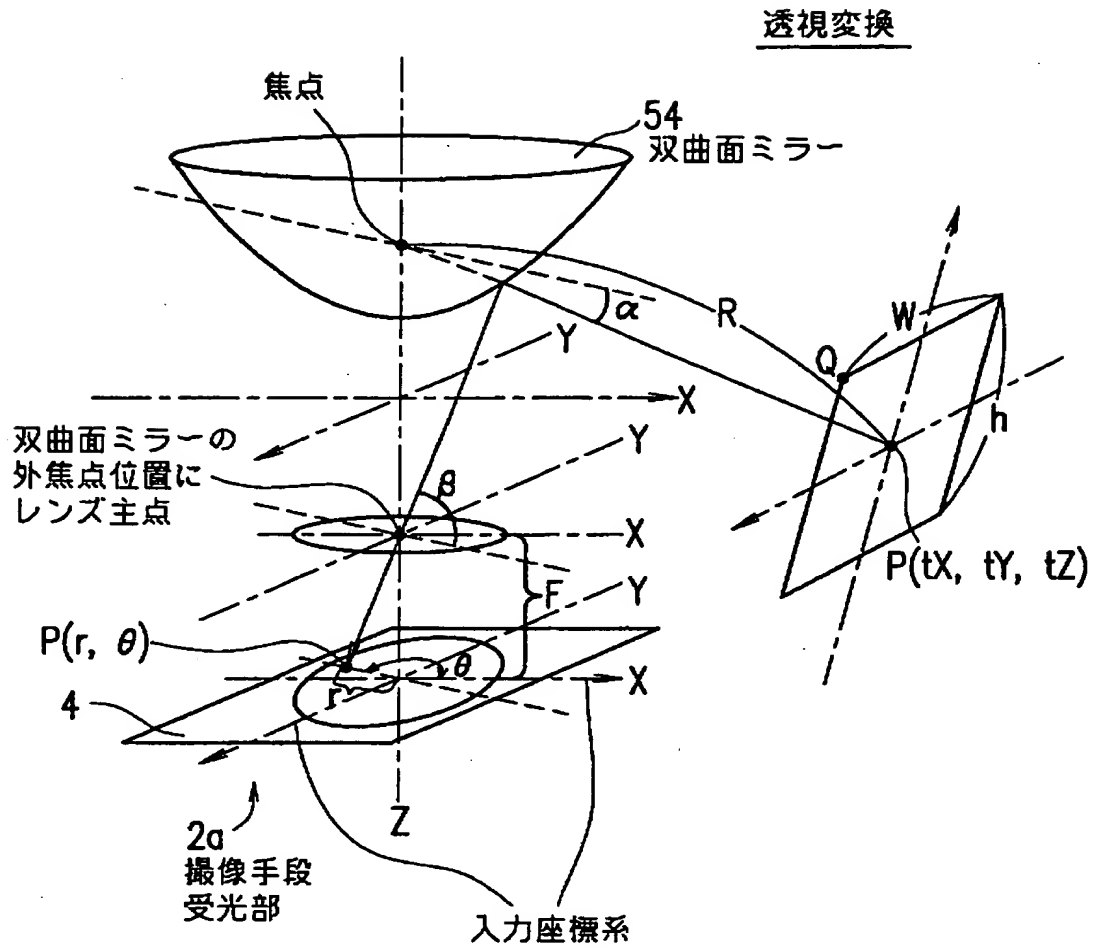
【図 3】



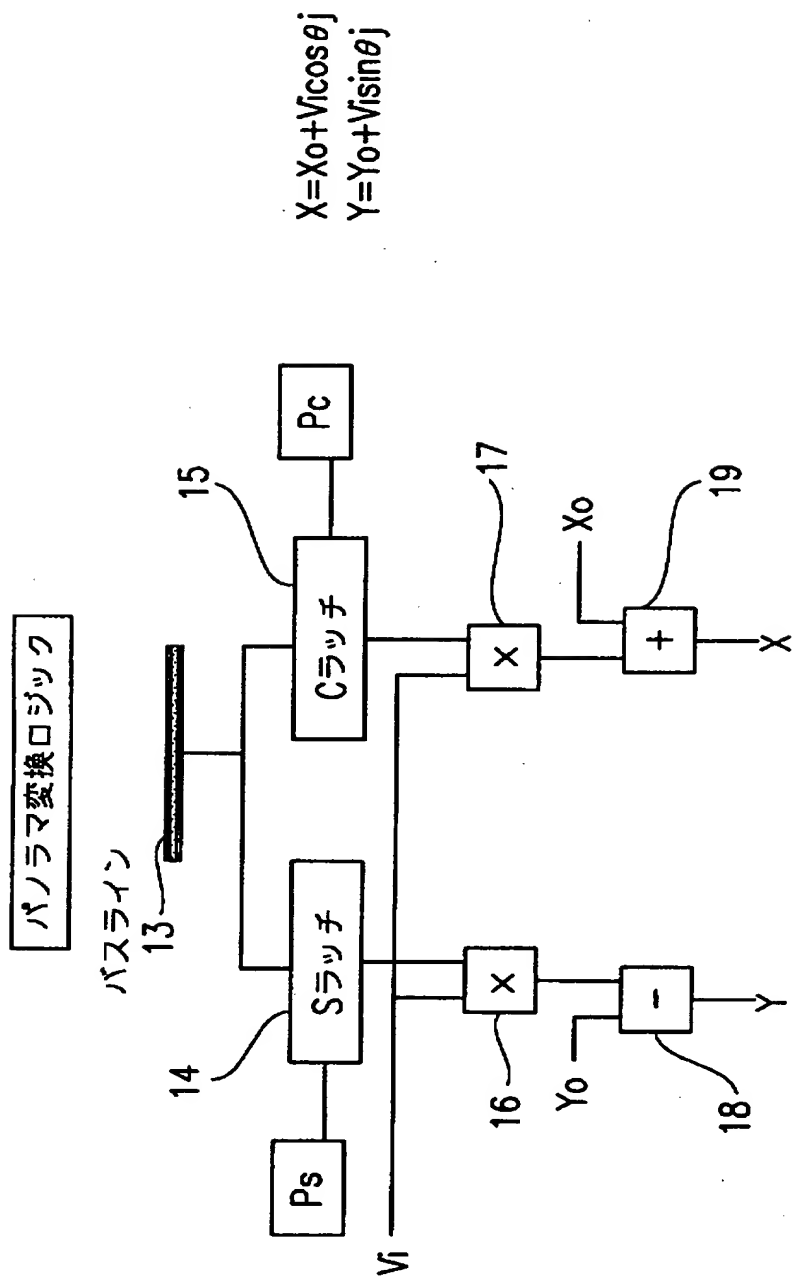
【図 4】



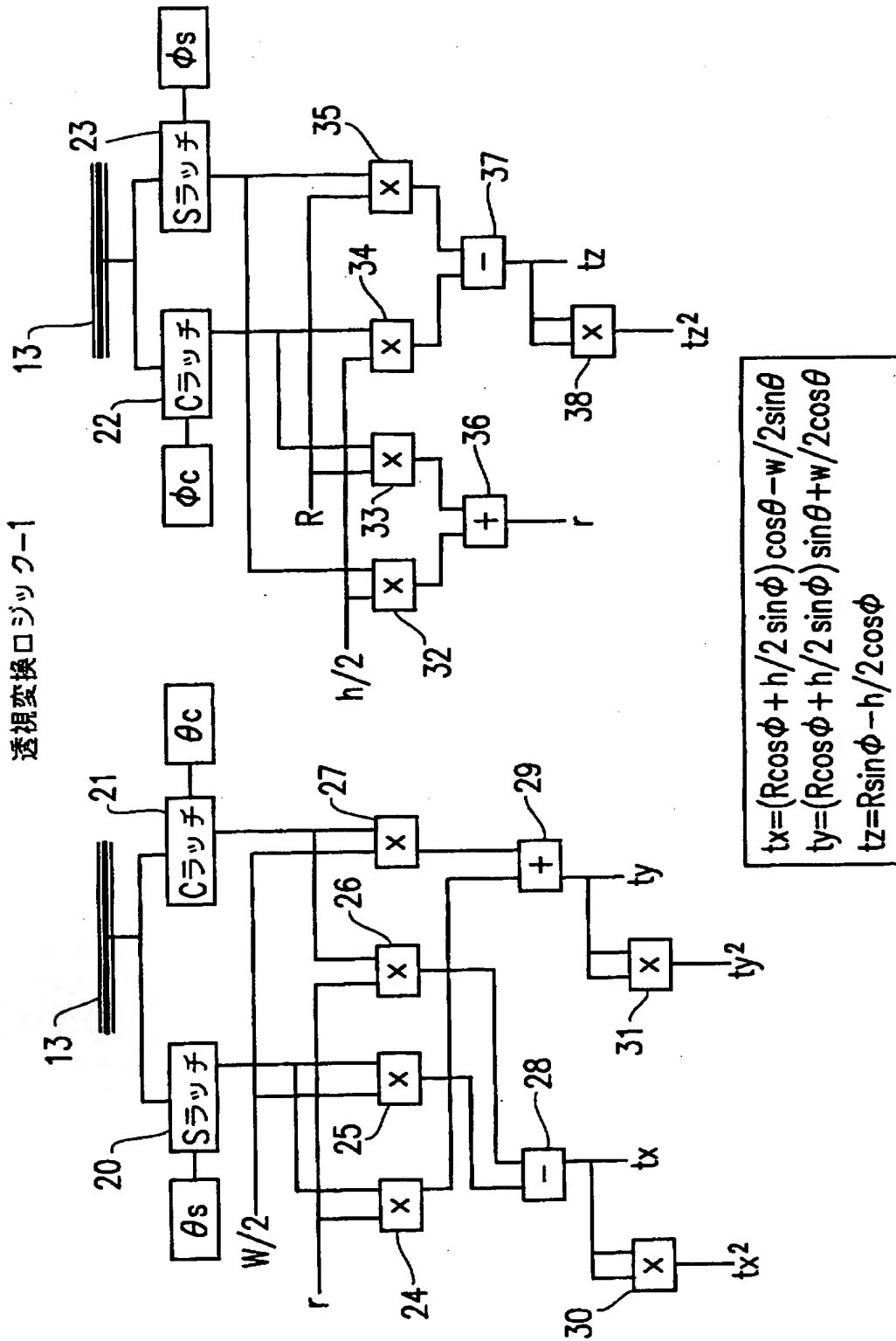
【図 5】



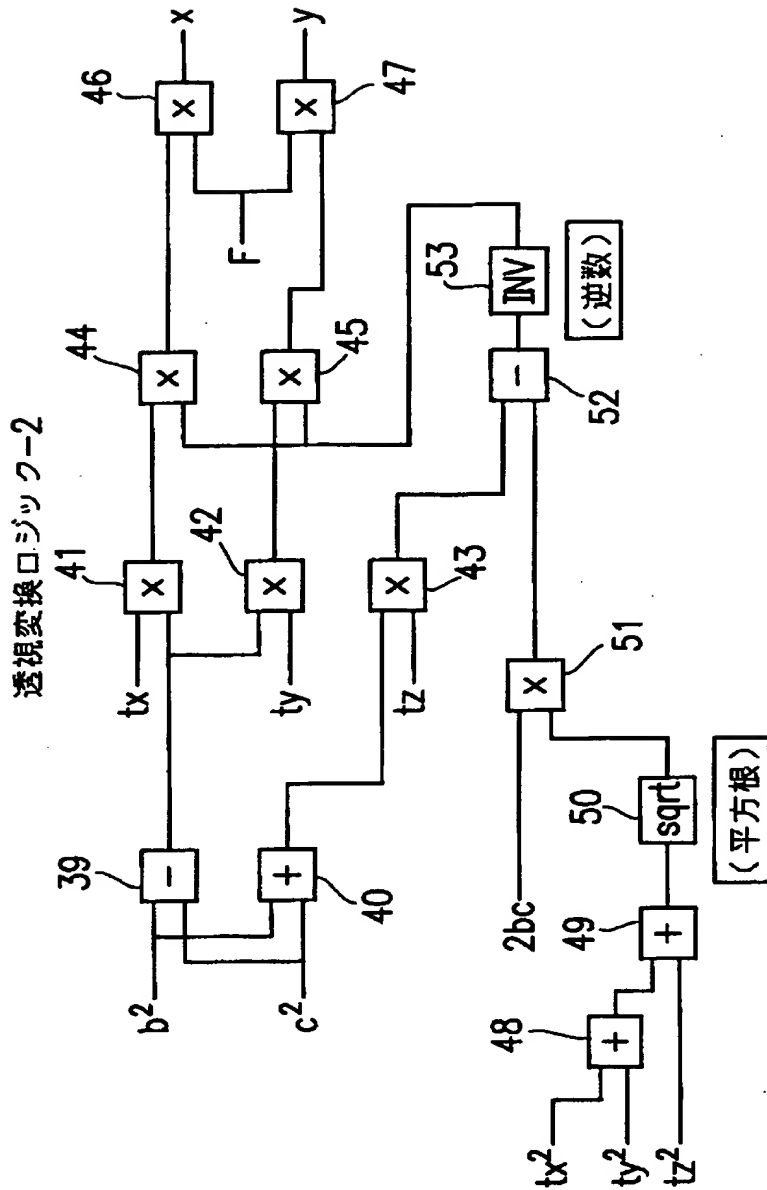
【図 6】



【図 7】



【図 8】

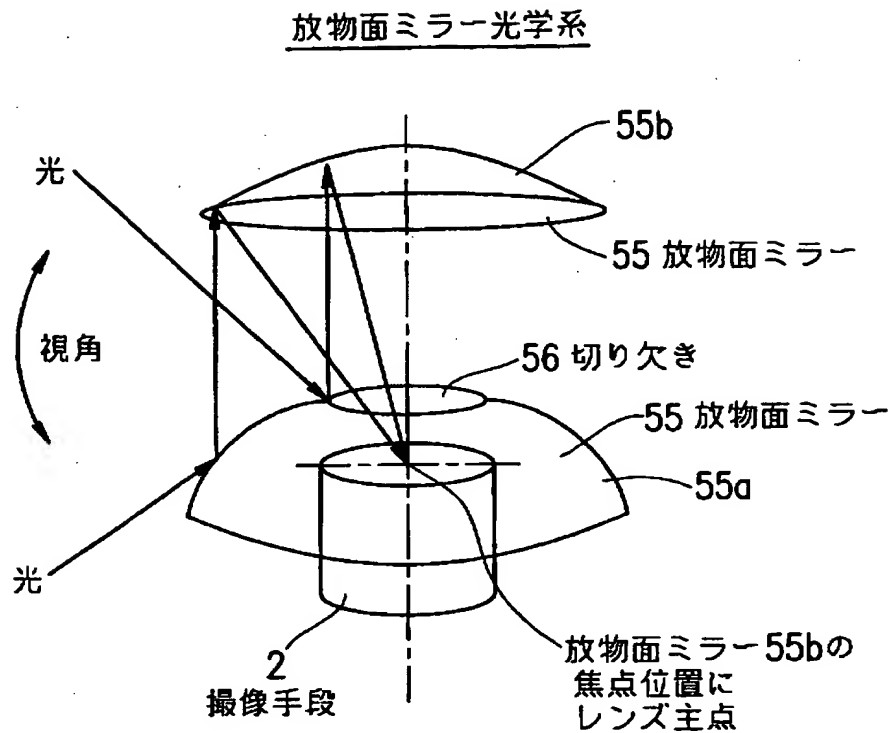


$$x = F \times (((b^2 - c^2) \times tx / ((b^2 + c^2) \times tz - 2bc \times \sqrt{tx^2 + ty^2 + tz^2})))$$

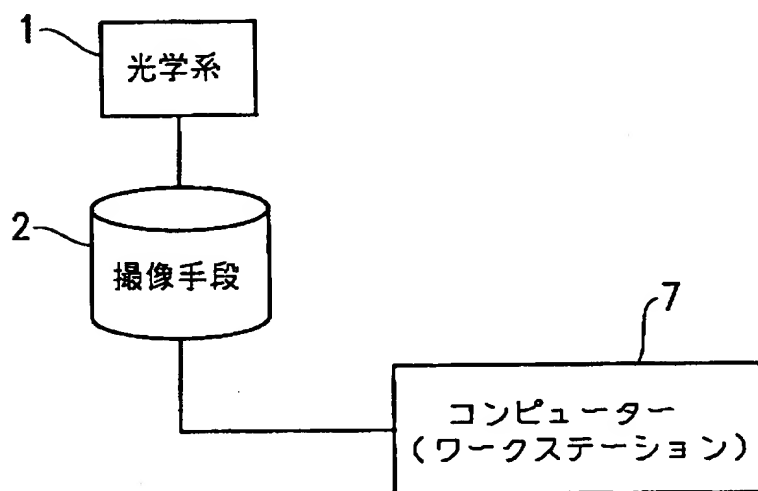
$$y = F \times (((b^2 - c^2) \times ty / ((b^2 + c^2) \times tz - 2bc \times \sqrt{tx^2 + ty^2 + tz^2})))$$



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 画像変換処理を高速に行って、画素数が増加しても動画像に十分追従することができ、小型化を図ることができる全方位視覚システムを提供する。

【解決手段】 周囲 3 6 0 ° の視野領域の映像が得られ、中心射影の変換が可能な光学系 1 と、光学系 1 を通して得られる光学像を画像データに変換する撮像手段 2 と、撮像手段 2 からの出力を記録する画像記録手段 3 と、入力された画像データをパノラマ画像や透視画像等に変換する画像変換手段 4 と、表示手段 5 と、表示制御手段 6 とを備えている。画像変換手段 4 は、パノラマ変換や透視変換を行うための演算ロジック回路を含むハードウェアで構成され、ソフトウェアで処理を行う従来技術に比べて画像変換処理を高速に行うことができ、システムの小型化が可能である。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日 1990年 8月29日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
氏 名 シャープ株式会社